

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
29. März 2001 (29.03.2001)

PCT

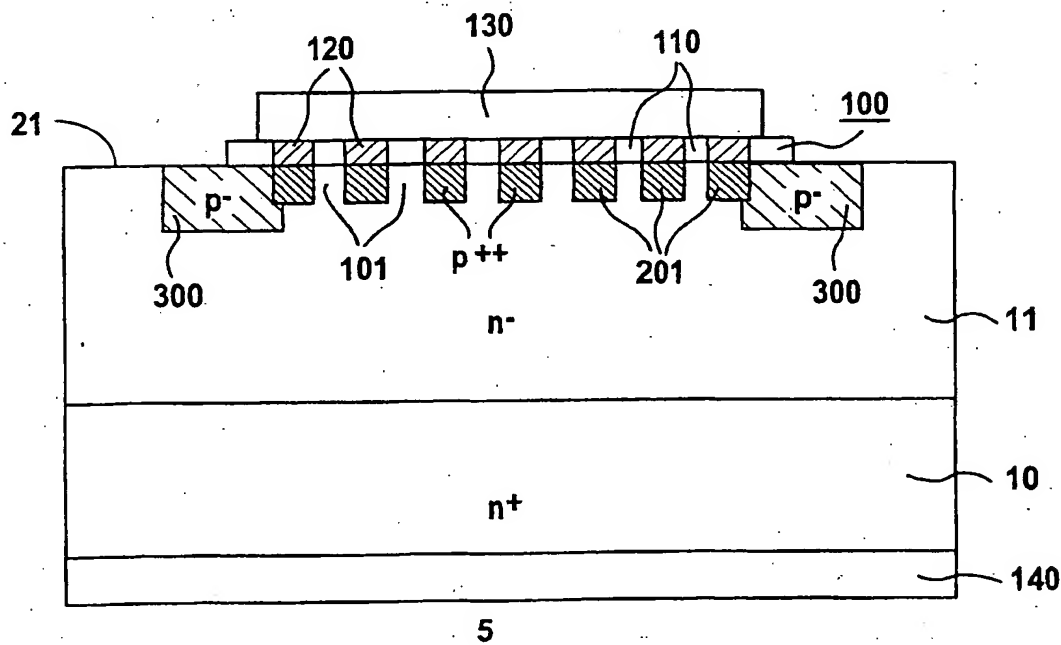
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/22498 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **H01L 29/872**, 29/47, 29/45, 29/24, 21/329
- (21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/DE00/03147**
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
11. September 2000 (11.09.2000)
- (25) Einreichungssprache: **Deutsch**
- (26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**
- (30) Angaben zur Priorität:  
199 45 453.1 22. September 1999 (22.09.1999) **DE**
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SICED ELECTRONICS DEVELOPMENT GMBH & CO. KG [DE/DE]**; Paul-Gossen-Strasse 100, 91052 Erlangen (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FRIEDRICHS, Peter [DE/DE]**; Wiesentalstrasse 20, 90419 Nürnberg (DE). **PETERS, Dethard [DE/DE]**; Troppauer Strasse 31, 91315 Höchststadt (DE). **SCHÖRNER, Reinhold [DE/DE]**; Wiesenstrasse 27, 91091 Grossenseebach (DE).
- (74) Anwalt: **ZEDLITZ, Peter**; Postfach 22 13 17, 80503 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): **JP, US.**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **SILICON-CARBIDE SEMICONDUCTOR DEVICE WITH A SCHOTTKY CONTACT AND METHOD FOR PRODUCING SAME**

(54) Bezeichnung: **SIC-HALBLEITERVORRICHTUNG MIT EINEM SCHOTTKY-KONTAKT UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG**



(57) Abstract: The invention relates to a semiconductor device, a pinch diode for instance, which contains a first semiconductor area (101) consisting of n-conducting SiC and a second semiconductor area (201) consisting of p-conducting SiC. Said areas are electrically contacted by means of a Schottky contact layer (110) and an ohmic contact layer (120). The two contact layers (110, 120) consist of a nickel-aluminium material. The two contact layers (110, 120) can thus be formed as a mutual contact layer (100) without impairing the Schottky contact behaviour.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/22498 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

— *Mit internationalem Recherchenbericht.*

---

(57) **Zusammenfassung:** Die Halbleitervorrichtung, z.B. eine Pinch-Diode, enthält ein erstes Halbleitergebiet (101) aus n-leitendem SiC und ein zweites Halbleitergebiet (201) aus p-leitendem SiC, die durch eine Schottky-Kontaktschicht (110) und eine ohmsche p-Kontaktschicht (120) elektrisch kontaktiert sind. Beide Kontaktschichten (110, 120) bestehen aus einem Nickel-Aluminium-Material. Dadurch können beide Kontaktschichten (110, 120) als eine gemeinsame Kontaktschicht (100) formiert werden, ohne dass sich das Schottky-Kontaktverhalten verschlechtert.

## Beschreibung

## SiC-HALBLEITERVORRICHTUNG MIT EINEM SCHOTTKY-KONTAKT UND VERFAHREN ZU DEREN HERSTELLUNG

5

Die Erfindung betrifft eine Halbleitervorrichtung aus Siliciumcarbid (SiC) mit einem Schottky-Kontakt und einem ohmschen Kontakt auf SiC-Halbleitergebieten mit zueinander entgegengesetzten Leitungstypen. Außerdem betrifft die Erfindung die Herstellung einer solchen Halbleitervorrichtung.

Aus der US 4,641,174 ist eine Halbleitervorrichtung mit einem Schottky-Kontakt und einem ohmschen Kontakt bekannt. Es wird eine sogenannte Pinch-Gleichrichterdiode beschrieben, bei der mehrere Schottky-Dioden und mehrere p-n-Dioden in einem einzigen Halbleitersubstrat abwechselnd angeordnet und zueinander parallel geschaltet sind. Diese Anordnung zeichnet sich durch ein gutes Sperrverhalten aus, da die Raumladungszonen der p-n-Dioden die stromführenden Bereiche der Schottky-Dioden abschnüren und damit das Sperrvermögen der Schottky-Dioden verbessern. Da die Schottky- und die p-n-Dioden abwechselnd an derselben Oberfläche angeordnet sind, wird ein Kontakt benötigt, der einerseits ohmsches Verhalten auf einem stark p-leitenden Halbleitergebiet und andererseits Schottky-Verhalten auf einem schwach n-leitenden Halbleitergebiet aufweist. Für Halbleitergebiete aus Silicium wird Aluminium als in dieser Hinsicht geeignetes Kontaktmaterial genannt. Ein für Siliciumcarbid geeignetes Kontaktmaterial wird dagegen nicht angegeben.

In der US 5,895,260 wird ein Verfahren zur Herstellung einer Schottky-Diode in n-leitendem SiC beschrieben. Eine erste Oberfläche des SiC-Halbleitergebiets wird zunächst mit einem dielektrischen Film bedeckt. Dann wird auf einer zweiten Oberfläche des SiC-Halbleitergebiets ein ohmscher Rückseitenkontakt in Form einer Nickel(Ni)-Schicht aufgebracht

- und bei einer Formierungstemperatur von 950°C formiert. Innerhalb eines anschließend freigelegten, bis zur ersten Oberfläche reichenden Kontaktfensters wird eine Schottky-Metallisierung aufgebracht. Als Metall für den Schottky-Kontakt wird nicht näher spezifiziertes Ti/Al oder Ni/Al verwendet. Da es sich bei der beschriebenen Halbleitervorrichtung um keine Pinch-Diode, sondern um eine einfache Schottky-Diode handelt, wird auch kein ohmscher Kontakt auf einem p-leitenden SiC-Halbleitergebiet offenbart.
- Weiterhin wird auch mit der US 5,270,252 sowie der US 5,471,072 jeweils eine in n-leitendem  $\beta$ -SiC realisierte Schottky-Diode offenbart. Als Basismetall für den Schottky-Kontakt dient jeweils Platin (Pt). Ein ohmscher Kontakt wird durch einen Titan(Ti)/Gold(Au)-Schichtaufbau gebildet und vor Aufbringen des Schottky-Kontakts bei etwa 750°C formiert. Der Schottky-Kontakt und der ohmsche Kontakt kontaktieren dabei jeweils n-leitendes SiC.
- Mit der EP 0 380 340 A2 wird eine weitere, in n-leitendem  $\alpha$ -SiC realisierte Schottky-Diode offenbart, bei der ebenfalls Platin (Pt) als wesentlicher Bestandteil der Schottky-Metallisierung dient. Eine Nickel (Ni)-Schicht wird als ohmsche Metallisierung auf die Rückseite aufgebracht und vor Aufbringen des Schottky-Kontakts bei etwa 1000°C formiert. Auch hier kontaktieren der Schottky-Kontakt und der ohmsche Kontakt jeweils n-leitendes SiC.
- Aus der US 5,929,523 ist außerdem ein Schottky-Kontakt aus Osmium (Os) auf n-leitendem Siliciumcarbid bekannt. Vor Aufbringen des Schottky-Kontakts wird der ohmsche Rückseitenkontakt hergestellt. Für den Schottky-Kontakt ist ein spezielles Herstellungsverfahren mit einem Prozessschritt, bei dem zunächst einige Monolagen Silicium auf die Oberfläche aufgesputtert werden, erforderlich. Der so hergestellte Schottky-Kontakt ist dann sehr temperaturstabil. Osmium ist

ein Element, das zu den seltenen Erden gehört. Es ist ein schwer zu beschaffendes und auch teureres Element.

Weiterhin ist aus dem Fachaufsatz „*The Guard-Ring Termination for the High-Voltage SiC Schottky Barrier Diodes*“, in *IEEE Electron Device Letters*, Vol. 16, No. 7, July 1995, eine Halbleitervorrichtung mit einem Schottky-Kontakt auf einem n-leitenden SiC-Driftgebiet und mit einem sogenannten Guard-Ring aus p-leitendem SiC bekannt. Das n-leitende Driftgebiet und der p-leitende Guard-Ring sind mit einer gemeinsamen Kontaktschicht aus Al/Ti versehen. Dadurch soll der Guard-Ring ohmsch kontaktiert werden. Da der Guard-Ring wie üblich nur der elektrischen Feldführung in Sperrvorrichtung dient, und in Vorwärtsrichtung ausdrücklich eine Injektion von Minoritätsladungsträgern und damit ein Einschalten der zwischen dem Guard-Ring und dem Driftgebiet gebildeten p-n-Diode verhindert werden soll, wird aber kein hochwertiger ohmscher Kontakt zum Guard-Ring benötigt und auch nicht nacharbeitbar offenbart. Auch die niedrige p-Dotierung des Guard-Rings lässt nämlich den Rückschluss zu, dass der Kontakt zum Guard-Ring tatsächlich kein echtes ohmsches Verhalten aufweist.

In dem SiC-Übersichtsartikel von J.B.Casady und R.W.Johnson in „*Solid-State Electronics*“, Vol. 39, No.10, pp. 1409-1422, 1996, hat ein Abschnitt die Schottky-Kontaktierung von SiC zum Thema. Demnach sind bisher Nickel (Ni), Nickelchrom (NiCr), Gold (Au), Platin (Pt), Titan (Ti), Magnesium (Mg), Kobalt (Co), Aluminium (Al), Hafnium (Hf) und Palladium (Pd) für einen Schottky-Kontakt auf SiC verwendet worden. Die Höhe der erzielbaren Schottky-Barriere hängt außer vom verwendeten Metall auch noch von der Oberflächenqualität des Siliciumcarbids, dem Abscheideverfahren, dem SiC-Polytyp, der Leitfähigkeit (n- oder p-leitend) und der Orientierung der SiC-Oberfläche (Si- oder C-Seite) ab. Es findet sich jedoch kein Hinweis auf einen in unmittelbarer Nachbarschaft zu dem Schottky-Kontakt angeordneten zusätzlichen ohmschen Kontakt.

auf einem SiC-Halbleitergebiet, das den gegenüber dem durch den Schottky-Kontakt kontaktierten SiC-Halbleitergebiet entgegengesetzten Leitungstyp aufweist.

- 5 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Halbleitervorrichtung mit einem guten Schottky-Kontakt auf einem n-leitenden SiC-Halbleitergebiet und mit einem guten ohmschen p-Kontakt auf einem p-leitenden SiC-Halbleitergebiet anzugeben. Der Schottky-Kontakt und der ohmsche p-Kontakt sollen  
10 dabei insbesondere unmittelbar benachbart zueinander liegen können. Außerdem soll ein einfaches und kostengünstiges Verfahren zur Herstellung einer solchen Halbleitervorrichtung angegeben werden.
- 15 Zur Lösung der die Halbleitervorrichtung betreffenden Aufgabe wird eine Halbleitervorrichtung entsprechend den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 angegeben.

- Bei der erfindungsgemäßen Halbleitervorrichtung aus Siliciumcarbid mit einem Schottky-Kontakt und einem ohmschen p-Kontakt handelt es sich um eine Halbleitervorrichtung, welche mindestens
- 20 - ein erstes Halbleitergebiet aus n-leitendem Siliciumcarbid und ein zweites Halbleitergebiet aus p-leitendem Siliciumcarbid,  
25 - eine Schottky-Kontaktschicht und eine ohmsche p-Kontaktschicht, die das erste bzw. zweite Halbleitergebiet elektrisch kontaktieren, umfasst, wobei  
- beide Kontaktschichten aus einem Material mit mindestens  
30 zwei Materialkomponenten bestehen, von denen Nickel eine erste Materialkomponente und Aluminium eine zweite Materialkomponente darstellen.

- Zur Lösung der das Verfahren betreffenden Aufgabe wird ein  
35 Verfahren entsprechend dem Merkmal des unabhängigen Patentanspruchs 8 angegeben.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung aus Siliciumcarbid mit einem Schottky-Kontakt und einem ohmschen p-Kontakt handelt es sich um ein Verfahren, bei welchem mindestens

- 5 - eine Schottky-Kontaktschicht auf einem ersten Halbleitergebiet aus n-leitendem Siliciumcarbid und eine ohmsche p-Kontaktschicht auf einem zweiten Halbleitergebiet aus p-leitendem Siliciumcarbid ausgebildet werden, indem
- 10 - für beide Kontaktschichten ein Material mit mindestens zwei Materialkomponenten, von denen Nickel eine erste Materialkomponente und Aluminium eine zweite Materialkomponente darstellen, aufgebracht wird.

Die Erfindung beruht dabei auf der Erkenntnis, dass durch die  
15 Auswahl des besonders günstigen Nickel-Aluminium-Materials die Herstellung einer Halbleitervorrichtung mit einem ohmschen p-Kontakt auf p-leitendem SiC und mit einem Schottky-Kontakt auf n-leitendem SiC wesentlich vereinfacht werden kann. Dies gilt insbesondere dann, wenn die beiden Kontakte  
20 unmittelbar benachbart zueinander liegen. Da das Nickel-Aluminium-Material außerdem zu sehr guten Kontakteigenschaften führt, ist eine mit diesem Kontaktwerkstoff hergestellte Halbleitervorrichtung besonders vorteilhaft. Das Kontaktmaterial kann dabei in Form eines Gemisches, eines Gemenges,  
25 einer Legierung oder einer Verbindung zumindest der Nickel- und der Aluminiumkomponente vorliegen.

Bisher werden der ohmsche p-Kontakt und der Schottky-Kontakt in getrennten Arbeitsschritten und insbesondere auch aus  
30 verschiedenen Kontaktmaterialien hergestellt. Da der zur Kontaktformierung des ohmschen p-Kontakts bei einer Formierungstemperatur von mindestens 900°C durchgeführte Temperprozess praktisch immer zu einer Degradation der elektrischen Eigenschaften eines mitgetemperten Schottky-Kontakts führt,  
35 wird der Schottky-Kontakt derzeit üblicherweise erst nach der ohmschen Kontaktformierung aufgebracht.

- Diese sukzessive Herstellung des ohmschen p-Kontakts und des Schottky-Kontakts erfordert jedoch einen nicht unerheblichen Fertigungsaufwand. Insbesondere bei benachbarten Kontakten sind verschiedene Maskierungsschritte notwendig, um beide
- 5 Kontaktschichten nach- und nebeneinander aufbringen zu können. Gegebenenfalls wird dabei auch die Oberfläche, auf die der Schottky-Kontakt aufgebracht werden soll, einer zusätzlichen Vorbehandlung unterzogen.
- 10 Durch die Verwendung des vorteilhaften Nickel-Aluminium-Materials entfallen die beschriebenen Prozessschritte, so dass sich der Herstellungsprozess erheblich verkürzt. Die Schottky-Kontaktschicht kann nämlich gemeinsam mit der ohmschen p-Kontaktschicht formiert werden, ohne dass es zu
- 15 einer nennenswerten Degradation des Schottky-Kontaktverhaltens kommt. Diese günstige Eigenschaft erhält man nur, wenn das Material sowohl einen Nickel- als auch einen Aluminiumanteil enthält. Weder reines Nickel noch reines Aluminium weisen diesen Vorzug auf. Da die Oberfläche für den Schottky-
- 20 Kontakt unmittelbar mit der endgültigen Schottky-Kontaktschicht bedeckt wird, ist auch keine zusätzliche Vorbehandlung erforderlich. Dies dient zum einen wiederum der Prozessökonomie und zum anderen trägt es auch zu einer verbesserten Qualität des Schottky-Kontakts bei.
- 25 Auch bei Aufbringen von gleichem Material auf das erste und zweite Halbleitergebiet ist es gegebenenfalls je nach gewählter SiC-Dotierung und je nach Zusammensetzung des verwendeten Materials möglich, dass sich zwischen den beiden Halbleiter-
- 30 gebieten und den beiden Kontaktschichten jeweils ein Grenzbereich mit leicht voneinander abweichender Materialzusammensetzung einstellt. Diese geringfügige Abweichung rührt von unterschiedlichen Austauschvorgängen zwischen dem aufgetragenen Material und dem ersten oder dem zweiten Halbleitergebiet
- 35 her.



So enthält das aufgebrachte Material mit dem Aluminium eine Materialkomponente, die in Siliciumcarbid als Akzeptor wirkt. Das Aluminium wird also in gewissem Umfang in das erste oder zweite Halbleitergebiet wandern und dort als Akzeptor an  
5 entsprechenden Gitterstellen eingebunden. Dieser Durchmischungsvorgang wird maßgeblich durch die ursprüngliche Dotierung des ersten oder zweiten Halbleitergebiets beeinflusst und verläuft somit im jeweiligen Grenzbereich unterschiedlich. Dadurch verändert sich der Aluminiumanteil in den  
10 jeweiligen Grenzbereichen in voneinander abweichendem, wenn auch sehr geringem Umfang.

Auch das silicidbildende Nickel führt zu einer gewissen Verschiebung der Materialzusammensetzung in den jeweiligen  
15 Grenzbereichen. In diesem Fall durchmischt sich Silicium, das aus dem ersten und zweiten Halbleitergebiet stammt, mit dem Nickel der beiden Kontaktschichten. Infolge bildet sich dann in beiden Grenzbereichen ein Nickelsilicid. Auch bei diesem Prozess sind Dotierungsgrad und Leitungstyp maßgebliche Ein-  
20 flussfaktoren, so dass dieser Effekt ebenfalls zu einer leicht voneinander abweichenden Materialzusammensetzung in den Grenzbereichen führen kann.

In den von den Grenzflächen entfernter lokalisierten Bereichen der beiden Kontaktschichten wirken sich die beschriebenen Grenzflächeneffekte nicht aus, so dass das Material in  
25 seiner ursprünglich aufgebrachten Zusammensetzung erhalten bleibt und sich somit in diesen Bereichen der jeweiligen Kontaktschicht gleicht.

30 Bei der erfingungsgemäßen Lehre werden alle geringfügigen Unterschiede in der Materialzusammensetzung der beiden Kontaktschichten wie die, die auf den beschriebenen oder ähnlichen Grenzflächeneffekten beruhen, nicht als maßgeblich.  
35 betrachtet und unter den Begriffen "zumindest annähernd gleiche Materialzusammensetzung" und "praktisch homogen" subsumiert.

Außerdem werden Unterschiede in der Materialzusammensetzung, die auf übliche, gegebenenfalls unterschiedliche Verunreinigungen in Ausgangssubstanzen zurückzuführen sind, hier  
5 ebenfalls als nicht maßgeblich betrachtet.

Besondere Ausgestaltungen der Halbleitervorrichtung sowie des Verfahrens ergeben sich aus den jeweils abhängigen Ansprüchen.

10

Für die Ausbildung eines guten Schottky-Kontakts ist es vorteilhaft, wenn das n-leitende erste Halbleitergebiet nur schwach dotiert ist. Günstigerweise liegt die Dotierstoffkonzentration deshalb höchstens bei  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$ , insbesondere  
15 bei höchstens  $3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ . Die Höhe der Dotierstoffkonzentration bestimmt dabei maßgeblich die Sperrspannungsfestigkeit der Halbleitervorrichtung. So wird z.B. für eine Sperrspannung von bis zu 1200 V eine Dotierstoffkonzentration von  $1.2 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$  und für eine Sperrspannung von bis zu 3000 V  
20 eine Dotierstoffkonzentration von  $3.6 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  gewählt.

Für einen guten ohmschen p-Kontakt ist es dagegen günstig, wenn das p-leitende zweite Halbleitergebiet zumindest im Grenzbereich zu der ohmschen p-Kontaktschicht eine aus-  
25 reichend hohe Dotierstoffkonzentration aufweist. Bevorzugt liegt die Dotierstoffkonzentrationen zwischen  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  und  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$ . Ein besonders guter ohmscher p-Kontakt ergibt sich, wenn die Dotierstoffkonzentration mindestens  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$  beträgt. Die genannten Dotierstoffkonzentrationen lassen sich  
30 problemlos beispielsweise durch eine entsprechende Dotierstoffzugabe bei der epitaktischen Züchtung oder auch nachträglich mittels Ionenimplantation erzeugen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Aluminium mit  
35 einem Volumenanteil von mindestens 20% in dem Material enthalten. Als günstige Obergrenze hat sich ein Aluminiumvolumenanteil von höchstens 80% erwiesen. Besonders vorteil-

haft ist ein Aluminiumvolumenanteil zwischen 40% und 50%. Ein Volumenanteil lässt sich auch dann ermitteln, wenn das Material als (intermetallische) Verbindung vorliegt. Maßgeblich für eine derartige Ermittlung sind dann die Atomradien der beteiligten Nickel- und Aluminium-Atome sowie ihre jeweilige Häufigkeit bezogen auf eine Einheitszelle. Gegebenenfalls kann auch zusätzlich der verringerte Atomabstand bei einer intermetallischen Verbindung mit berücksichtigt werden. Obwohl es aus Gründen einer möglichst effizienten Herstellung des ohmschen p-Kontakts und des Schottky-Kontakts günstiger ist, für beide Kontaktschichten eine identische Materialzusammensetzung vorzusehen, kann davon prinzipiell auch abgewichen werden. So ist z.B. in der Schottky-Kontaktschicht ein Aluminiumanteil von 50% und in der ohmschen p-Kontaktschicht ein Aluminiumanteil von 20% möglich.

Günstig ist es außerdem, wenn das Material nur aus Nickel und Aluminium besteht. In den Grenzbereichen liegt dann abgesehen von unvermeidbaren Verunreinigungen und den Dotierstoffatomen ein praktisch rein quarternäres Materialsystem aus den Einzelkomponenten Silicium und Kohlenstoff, die aus den SiC-Halbleitergebieten stammen, sowie Nickel und Aluminium, die aus dem Material der Kontaktschichten stammen, vor. Eine mögliche Beeinträchtigung des Kontaktverhaltens durch zusätzlich im Grenzbereich vorhandene Fremdatome, die die Austauschvorgänge im quarternären Materialsystem beeinflussen könnten, wird dann praktisch vollständig vermieden.

Bei einer bevorzugten Ausführungsvariante sind die beiden Kontaktschichten als eine zusammenhängende gemeinsame Kontaktschicht ausgebildet. Prinzipiell ist aber auch eine Ausführungsform, bei der die Schottky- und die p-Kontaktschicht voneinander getrennt sind, möglich.

Günstig ist außerdem eine Ausgestaltung, bei der beide Kontaktschichten einer Formierung bei mindestens 600°C unterzogen worden sind. Die solchermaßen formierten Kontaktschicht-

ten weisen dann einen besonders guten Schottky-Kontakt zum ersten Halbleitergebiet und einen besonders guten ohmschen Kontakt zum zweiten Halbleitergebiet auf.

- 5   Vorteilhafte Ausführungsformen des Verfahrens, die sich aus den entsprechenden Unteransprüchen ergeben, weisen im wesentlichen die gleichen Vorteile auf wie die obengenannten jeweils korrespondierenden Weiterbildungen der Halbleitervorrichtung.

10

Andere Ausbildungen des Verfahrens beziehen sich auf das Aufbringen des Materials auf das erste und zweite Halbleitergebiet.

- 15   Besonders vorteilhaft ist eine Ausbildung, bei der die beiden Kontaktschichten gleichzeitig hergestellt werden. Dadurch reduziert sich die Anzahl der im Vergleich zu einem sukzessiven Aufbringen benötigten Prozessschritte erheblich. Somit können kürzere Fertigungszyklen erreicht werden. Ein an-
- 20   sonsten gegebenenfalls erforderlicher Maskierungsschritt kann dann ebenso entfallen, wie eine gesonderte Formierung beider Kontaktschichten. Vorteilhaft lassen sich beide Kontaktschichten ja gerade bei der gleichen Temperatur formieren, ohne dass die Qualität des Schottky-Kontakts dadurch maßgeb-
- 25   lich leidet.

- Dies wirkt sich auch bei der Ausführungsvariante günstig aus, bei der die beiden Kontaktschichten als eine zusammenhängende gemeinsame Kontaktschicht ausgebildet sind. Aufgrund der
- 30   durch die speziellen Materialeigenschaften des Kontaktmaterials möglichen gemeinsamen Prozessierung, insbesondere der gemeinsamen Kontaktformierung des Schottky-Kontakts und des ohmschen p-Kontakts, lässt sich diese Ausführungsvariante dann nämlich besonders einfach herstellen.

35

Außerdem ist es für die Ausbildung sowohl eines guten Schottky-Kontaktverhaltens auf dem n-leitenden SiC als auch

eines guten ohmschen Kontaktverhaltens auf dem p-leitenden SiC günstig, wenn die Kontaktschichten mit praktisch homogener, d.h. mit innerhalb der jeweiligen Kontaktschicht zumindest annähernd gleicher, Materialzusammensetzung auf den  
5 jeweiligen Halbleitergebieten vorliegen. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass das Material nicht in Form eines Schichtaufbaus, sondern vielmehr direkt im endgültigen Mischungsverhältnis der beiden Hauptbestandteile Nickel und Aluminium auf die Halbleitergebiete aufgebracht wird. Bei  
10 Zusammensetzung des Materials aus mehreren Materialkomponenten wird durch einen solchen homogenen Materialauftrag erreicht, dass an der Grenzfläche zu den beiden Halbleitergebieten jeweils alle Materialkomponenten unmittelbar vorhanden sind und mit dem Siliciumcarbid der beiden Halbleitergebiete in Wechselwirkung treten können. Demgegenüber ist bei  
15 einem Schichtaufbau zunächst eine Durchmischung der separat z.B. mit einer Dicke in der Größenordnung einiger Nanometer aufgetragenen Nickel- und Aluminiumschichten erforderlich. Diese Durchmischung (= Homogenisierung) findet insbesondere  
20 zu Beginn eines nach dem Materialauftrag durchgeführten Temperprozesses statt. Der Temperprozess dient der Kontaktformierung. Für die Kontaktqualität sowohl des ohmschen p-Kontakts als auch des Schottky-Kontakts ist es nun von entscheidendem Vorteil, wenn bei dem Temperprozess bereits zu Beginn  
25 alle relevanten Materialkomponenten unmittelbar an der Grenzfläche zu den Halbleitergebieten vorhanden sind.

In einer weiteren Ausbildung des Verfahrens wird das Material, das auf die beiden Halbleitergebiete aufgebracht wird,  
30 mindestens zwei getrennten Quellen entnommen. Die Quellen enthalten dabei jeweils mindestens eine Materialkomponente, insbesondere Aluminium oder Nickel. Die Entnahme erfolgt durch gleichzeitiges Verdampfen oder Zerstäuben (Sputtern). Die beiden Kontaktschichten werden anschließend durch  
35 Abscheiden beider Materialkomponenten auf dem ersten und zweiten Halbleitergebiet gebildet. Das Material für die beiden Kontaktschichten entsteht dabei entweder noch in der

Gasphase aus den einzelnen Materialkomponenten oder im Laufe des Abscheidevorgangs. Durch die Prozessparameter, wie beispielsweise eine entsprechende Plasma- oder Elektronenstrahlleistung, kann gewährleistet werden, dass ein bestimmtes beabsichtigtes Mischungsverhältnis eingehalten wird.

Eine alternative Ausbildung sieht dagegen vor, dass aus der ersten und zweiten Materialkomponente zunächst ein Quellmaterial hergestellt wird, das dann in einem zweiten Verfahrensschritt zerstäubt wird. Die herausgelösten Partikel des Materials bilden wie in der vorher beschriebenen Ausbildung die beiden Kontaktschichten auf dem n- und p-leitenden Siliciumcarbid.

In einer vorteilhaften Ausführungsvariante wird die Halbleitervorrichtung, nachdem die beiden Kontaktschichten aufgebracht worden sind, einem Temperprozess zur Kontaktformierung unterzogen. Bevorzugt wird die Halbleitervorrichtung dabei auf eine Formierungstemperatur von mindestens 600°C, insbesondere von etwa 1000°C, erhitzt und dann für bis zu 2 Stunden, insbesondere für 2 Minuten, auf etwa dieser Formierungstemperatur gehalten. Die Formierung kann auch nur aus einer Aufheizphase und einer unmittelbar folgenden Abkühlphase bestehen, ohne dass dazwischen eine Verweildauer bei einer Formierungstemperatur vorgesehen wird.

Bei einem anderen als dem hier verwendeten Nickel-Aluminium-Material würde die hohe Formierungstemperatur ab etwa 500°C zu einer Degradation und ggf. sogar zur kompletten Zerstörung des Schottky-Kontakts führen. Deshalb wird ein derzeit üblicher Schottky-Kontakt nur bei einer Temperatur von höchstens 400°C formiert. Bei einer so niedrigen Temperatur findet allerdings noch keine ausreichende Formierung des ohmschen p-Kontakts statt. Eine gleichzeitige Formierung beider Kontakte ist damit unmöglich.

Bei dem verwendeten Nickel-Aluminium-Material ergeben sich dagegen nach der beschriebenen gleichzeitigen Formierung sowohl auf dem n-leitenden SiC ein guter Schottky-Kontakt als auch auf dem p-leitenden SiC ein guter ohmscher p-Kontakt, die beide temperaturstabil sind.

Die zu kontaktierenden beiden Halbleitergebiete können aus  $\alpha$ -SiC verschiedenen Polytyps bestehen. Insbesondere kann 6H-, 4H-, oder 15R-SiC verwendet werden. Besonders günstig ist der 4H-Polytyp. Andere als die genannten  $\alpha$ -SiC-Polytypen sind jedoch ebenfalls möglich. Sowohl die Si- als auch die C-Seite des verwendeten  $\alpha$ -SiC-Einkristalls können als Kontaktfläche für die Kontaktschichten verwendet werden. Besonders günstig ist jedoch die Si-Seite. Eine übliche Fehl-orientierung mit einem Fehlwinkel von z.B. bis zu  $10^\circ$  ist in diesen Orientierungsangaben mit eingeschlossen.

Die Halbleitervorrichtung eignet sich besonders gut für einen Einsatz als schnelle Hochvoltdiode. Insbesondere kann mit der Halbleitervorrichtung eine Sperrspannung von  $\geq 3$  kV realisiert werden. Dies liegt an der mit dem verwendeten speziellen Nickel-Aluminium-Material erreichbaren hohen Schottky-Barriere von mehr als 1,5 eV. Günstig für eine Anwendung bei einer hohen Sperrspannung wirkt sich dabei insbesondere aus, dass die Schottky-Barriere im Sperrfall auch mit einer höheren Feldstärke belastbar ist als bei einer Halbleitervorrichtung mit einem anderen Kontaktmaterial für den Schottky-Kontakt.

Ausführungsbeispiele gemäß der Erfindung werden nunmehr anhand der Zeichnung näher erläutert. Zur Verdeutlichung ist die Zeichnung nicht maßstäblich ausgeführt und gewisse Merkmale sind schematisiert dargestellt. Im einzelnen zeigen:

Figur 1 eine erste SiC-Halbleitervorrichtung mit einem Schottky-Kontakt und einem ohmschen p-Kontakt sowie

Figur 2 eine zweite SiC-Halbleitervorrichtung mit einem Schottky-Kontakt und einem ohmschen p-Kontakt.

Einander entsprechende Teile sind in den Figuren 1 und 2 mit denselben Bezugszeichen versehen.

In Figur 1 ist eine Halbleitervorrichtung in Form einer in 4H-SiC realisierten Pinch-Diode 5 realisiert. Die Basis bildet ein stark n-leitendes 4H-SiC-Substrat 10 mit einer Dotierstoffkonzentration von  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ , auf das eine schwach n-leitende 4H-SiC-Epitaxieschicht 11 mit einer Dotierstoffkonzentration von  $10^{16} \text{ cm}^{-3}$  aufgebracht ist. Als Dotierstoff für das n-leitende SiC dient jeweils Stickstoff. Die niedrige Dotierung der Epitaxieschicht 11 gewährleistet eine hohe Sperrfähigkeit und die hohe Dotierung des Substrats 10 einen niedrigen Durchlasswiderstand der Pinch-Diode 5. Die gezeigte Pinch-Diode 5 ist für eine Sperrspannung von bis zu 1200 V ausgelegt.

An einer von dem Substrat 10 abgewandten Oberfläche 21 der Epitaxieschicht 11 werden durch die Epitaxieschicht 11 gebildete erste Halbleitergebiete 101 jeweils durch eine Schottky-Kontaktschicht 110 kontaktiert. An der Oberfläche 21 sind außerdem mehrere stark p-dotierte zweite Halbleitergebiete 201 angeordnet, die sich mit den ersten Halbleitergebieten 101 abwechseln. Aluminium dient als Akzeptormaterial für die zweiten Halbleitergebiete 201, die eine Dotierstoffkonzentration von  $10^{19} \text{ cm}^{-3}$  aufweisen. Die zweiten Halbleitergebiete 201 sind jeweils durch eine ohmsche p-Kontaktschicht 120 kontaktiert.

Die in Figur 1 gezeigte Struktur mit abwechselnd angeordneten schwach dotierten n-leitenden ersten Halbleitergebieten 101 und stark dotierten p-leitenden zweiten Halbleitergebieten 202 ist typisch für eine Pinch-Diode. Die p-leitenden zweiten Halbleitergebiete 202 sorgen im Sperrfall für eine komplette Abschnürung der im Durchlassbetrieb für die Stromführung



vorgesehenen ersten Halbleitergebiete 101, wodurch sich das Sperrvermögen erhöht.

An der Oberfläche 21 der Epitaxieschicht 11 sind damit in unmittelbarer Nachbarschaft erste und zweite Halbleitergebiete 101 bzw. 201 unterschiedlichen Leitungstyps angeordnet, die über einen Schottky-Kontakt bzw. über einen ohmschen p-Kontakt elektrisch kontaktiert sind. Aufgrund dieser unmittelbaren Nachbarschaft sind die Kontaktschichten 110 und 120 als eine zusammenhängende gemeinsame Kontaktschicht 100 ausgebildet. Die gemeinsame Kontaktschicht 100 besteht aus einem Material, das sich aus Aluminium und Nickel jeweils mit einem Volumenanteil von 50 % zusammensetzt. Es hat sich nämlich gezeigt, dass dieses spezielle Kontaktmaterial sowohl einen guten Schottky-Kontakt auf n-leitendem SiC als auch einen guten ohmschen p-Kontakt auf dem p-leitenden SiC bildet.

Die Kontaktschichten 110 und 120 sind gemeinsam in einem einzigen Herstellungsschritt auf die Oberfläche 21 aufgebracht worden und anschließend gemeinsam bei einer Temperatur von etwa 1000°C formiert worden. Aufgrund der besonderen Materialeigenschaften des Nickel-Aluminium-Materials kommt es bei dieser Formierung im Gegensatz zu anderen möglichen Kontaktwerkstoffen zu keiner Degradation des Schottky-Kontaktverhaltens. Die in Figur 1 gezeigte Pinch-Diode 5 lässt sich damit besonders einfach und preisgünstig herstellen. Insbesondere sind keine separaten Schutz- oder Reinigungsmaßnahmen für die Oberfläche 21 im Bereich der Schottky-Kontakte erforderlich.

In einem Randbereich sind die ersten und zweiten Halbleitergebiete 101 bzw. 201 zusätzlich durch ein schwach dotiertes drittes Halbleitergebiet 300 umgeben. Dieses dritte Halbleitergebiet 300 dient als Randabschluss und vermeidet insbesondere die Entstehung eines zu großen elektrischen Felds im Bereich der beiden Halbleitergebiete 101 bzw. 201. Ein solcher Randabschluss ist mit der WO 96/03774 offenbart.

- Die Kontaktschichten 110 bzw. 120 haben eine typische Dicke von etwa 200 nm. Auf ihrer von der Epitaxieschicht 11 abgewandten Oberfläche ist eine zusätzliche Kontaktverstärkungsschicht 130 aus Aluminium angeordnet. Auf einer von der Epitaxieschicht 11 abgewandten Seite des Substrats 10 befindet sich ein Rückseitenkontakt 140 aus Nickel. Die für den Rückseitenkontakt 140 aufgebrauchte Nickel-Metallisierung wurde dabei insbesondere zusammen mit den Kontaktschichten 110. und 120 formiert. Damit erhält man über einen einzigen Formierungsschritt zusätzlich auch noch einen ohmschen Rückseitenkontakt. Alternativ zu dem Nickel kann für den Rückseitenkontakt 140 auch eine Nickel-Eisen(NiFe)-Legierung verwendet werden.
- 15 In Figur 2 ist als weitere Halbleitervorrichtung eine stoßstromfeste Schottky-Diode 6 dargestellt. Im Unterschied zu der Pinch-Diode 5 enthält die stoßstromfeste Schottky-Diode 6 keine Struktur, bei der sich an der Oberfläche 21 Halbleitergebiete mit entgegengesetztem Leitungstyp abwechseln. Statt
- 20 dessen ist ein durch die Epitaxieschicht 11 gebildetes, wiederum schwach n-leitendes erstes Halbleitergebiet 102 durch ein stark p-dotiertes zweites Halbleitergebiet 202 umgeben. Vorausgesetzt ist hierbei ein rotationssymmetrischer Aufbau der in Figur 2 gezeigten Schottky-Diode 6.
- 25 Im Gegensatz zur Pinch-Diode 5 bewirkt die Schottky-Diode 6 keine Erhöhung des Sperrvermögens durch ein Abschnüren von stromtragenden Halbleitergebieten, sondern vielmehr eine Erhöhung der Stoßstromfestigkeit. Dazu übernimmt eine durch
- 30 das zweite Halbleitergebiet 202 und das Substrat 10 gebildete p-n-Diode einen Teil eines Stoßstroms, der ansonsten komplett über den Schottky-Kontakt fließen und diesen gegebenenfalls überlasten würde. Durch die spezielle Dimensionierung schaltet sich diese p-n-Diode nur im Überlastfall, d.h. bei einem
- 35 anstehenden hohen Stromimpuls, ein, wohingegen sie bei normalem Durchlassbetrieb stromlos bleibt, so dass der gesamte

Strom in diesem normalen Betriebszustand über den Schottky-Kontakt fließt.

Die beschriebene Funktionsweise der Schottky-Diode 6 erfordert nun einen Schottky-Kontakt zum ersten Halbleitergebiet 102 und einen ohmschen p-Kontakt zu dem Halbleitergebiet 202. Wiederum liegen beide Kontakte unmittelbar benachbart zueinander. Wie im Ausführungsbeispiel von Figur 1 wird deshalb ein Nickel-Aluminium-Material als Kontaktwerkstoff für die Schottky-Kontaktschicht 110 und die ohmsche p-Kontaktschicht 120 verwendet. Auch hier resultiert dann eine zusammenhängende gemeinsame Kontaktschicht 100. Ihr Aluminiumanteil liegt bei diesem Ausführungsbeispiel bei 40 %, der Nickelanteil entsprechend bei 60 %.

## Patentansprüche

1. Halbleitervorrichtung aus Siliciumcarbid mit einem Schottky-Kontakt und einem ohmschen p-Kontakt umfassend  
5 mindestens
  - ein erstes Halbleitergebiet (101, 102) aus n-leitendem Siliciumcarbid und ein zweites Halbleitergebiet (201, 202) aus p-leitendem Siliciumcarbid,
  - eine Schottky-Kontaktschicht (110) und eine ohmsche p-Kontaktschicht (120), die das erste bzw. zweite Halbleiter-  
10 gebiet elektrisch kontaktieren, wobei
  - beide Kontaktschichten (110, 120) aus einem Material mit mindestens zwei Materialkomponenten bestehen, von denen Nickel eine erste Materialkomponente und Aluminium eine  
15 zweite Materialkomponente darstellen.
2. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , dass das erste Halbleiterge-  
biet (101, 102) eine Dotierstoffkonzentration von höchstens  
20  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  aufweist.
3. Halbleitervorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, d a -  
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das zweite  
Halbleitergebiet (201, 202) eine Dotierstoffkonzentration  
25 zwischen  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  und  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$  aufweist.
4. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Aluminium in dem Material mit einem Volumenanteil  
30 von mindestens 20% enthalten ist.
5. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Aluminium in dem Material mit einem Volumenanteil  
35 von höchstens 80% enthalten ist.

6. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die beiden Kontaktschichten (110, 120) als eine zusammenhängende gemeinsame Kontaktschicht (100) ausgebildet sind.
- 5
7. Halbleitervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass beide Kontaktschichten (110, 120) als bei mindestens 600°C formierte Kontaktschichten (110, 120) ausgebildet sind.
- 10
8. Verfahren zur Herstellung einer Halbleitervorrichtung aus Siliciumcarbid mit einem Schottky-Kontakt und einem ohmschen p-Kontakt, bei welchem Verfahren mindestens
- eine Schottky-Kontaktschicht (110) auf einem ersten Halbleitergebiet (101, 102) aus n-leitendem Siliciumcarbid und
  - 15 eine ohmsche p-Kontaktschicht (120) auf einem zweiten Halbleitergebiet (201, 202) aus p-leitendem Siliciumcarbid ausgebildet werden, indem
  - für beide Kontaktschichten (110, 120) ein Material mit
  - 20 mindestens zwei Materialkomponenten, von denen Nickel eine erste Materialkomponente und Aluminium eine zweite Materialkomponente darstellen, aufgebracht wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass für das erste Halbleitergebiet (101, 102) eine Dotierstoffkonzentration von höchstens  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  vorgesehen wird.
- 25
10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass für das zweite Halbleitergebiet (201, 202) eine Dotierstoffkonzentration zwischen  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  und  $10^{20} \text{ cm}^{-3}$  vorgesehen wird.
- 30
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass für das Aluminium in dem Material ein Volumenanteil von mindestens 20% vorgesehen wird.
- 35

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, da -  
durch gekennzeichnet, dass für das  
Aluminium in dem Material ein Volumenanteil von höchstens 80%  
5 vorgesehen wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 12, da -  
durch gekennzeichnet, dass die beiden  
Kontaktschichten (110, 120) gleichzeitig auf das erste und  
10 zweite Halbleitergebiet (101, 102, 201, 202) aufgebracht  
werden.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 13, da -  
durch gekennzeichnet, dass das Material  
15 durch gleichzeitiges Verdampfen oder Zerstäuben aus zwei  
getrennten Quellen der ersten und zweiten Materialkomponente  
aufgebracht wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 14, da -  
20 durch gekennzeichnet, dass ein Quell-  
material vorab aus der ersten und zweiten Materialkomponente  
hergestellt wird und das Material dann durch Zerstäuben des  
Quellmaterials aufgebracht wird.
- 25 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 15, da -  
durch gekennzeichnet, dass die die  
beiden Halbleitergebiete (101, 102, 201, 202) sowie die  
beiden aufgetragenen Kontaktschichten (110, 120) umfassende  
Halbleitervorrichtung einer Formierung mit einer Erhitzung  
30 auf eine Formierungstemperatur von mindestens 600°C, vor-  
zugsweise von etwa 1000°C, unterzogen wird.
17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch ge -  
35 kennzeichnet, dass die Formierungstemperatur  
für eine Dauer von höchstens 2 Stunden, vorzugsweise von  
höchstens 2 Minuten, konstant gehalten wird.

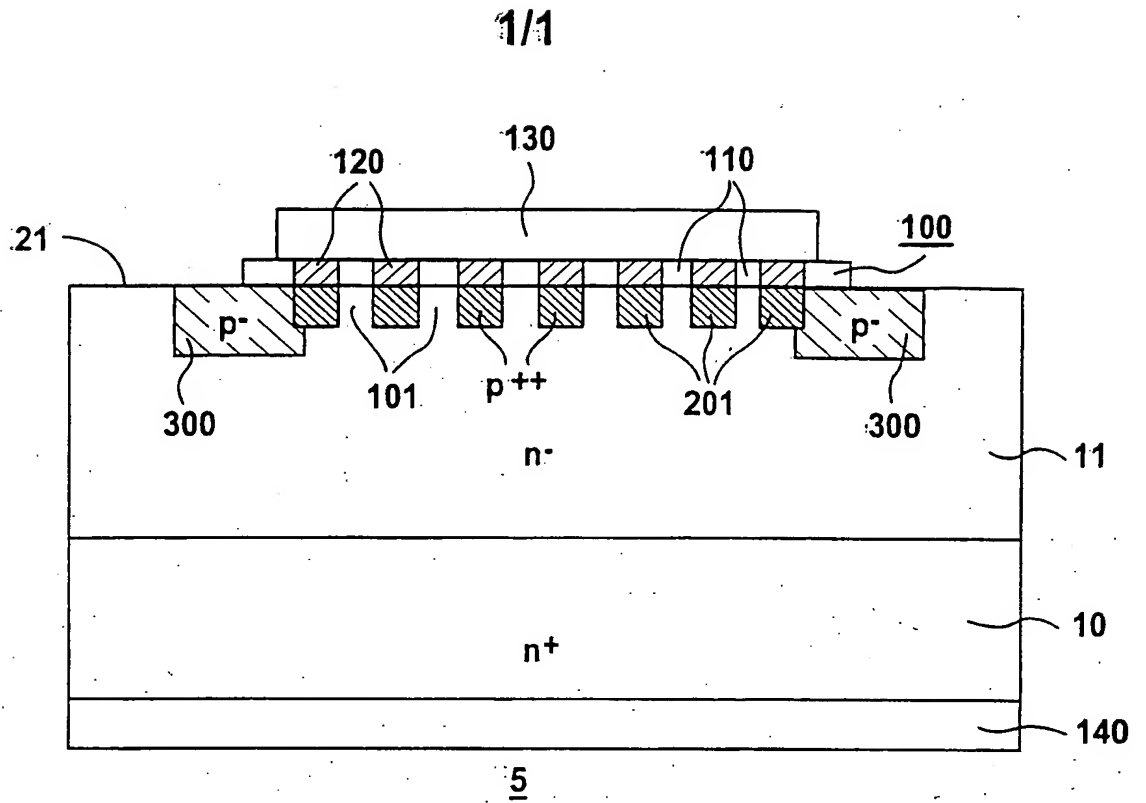


FIG 1

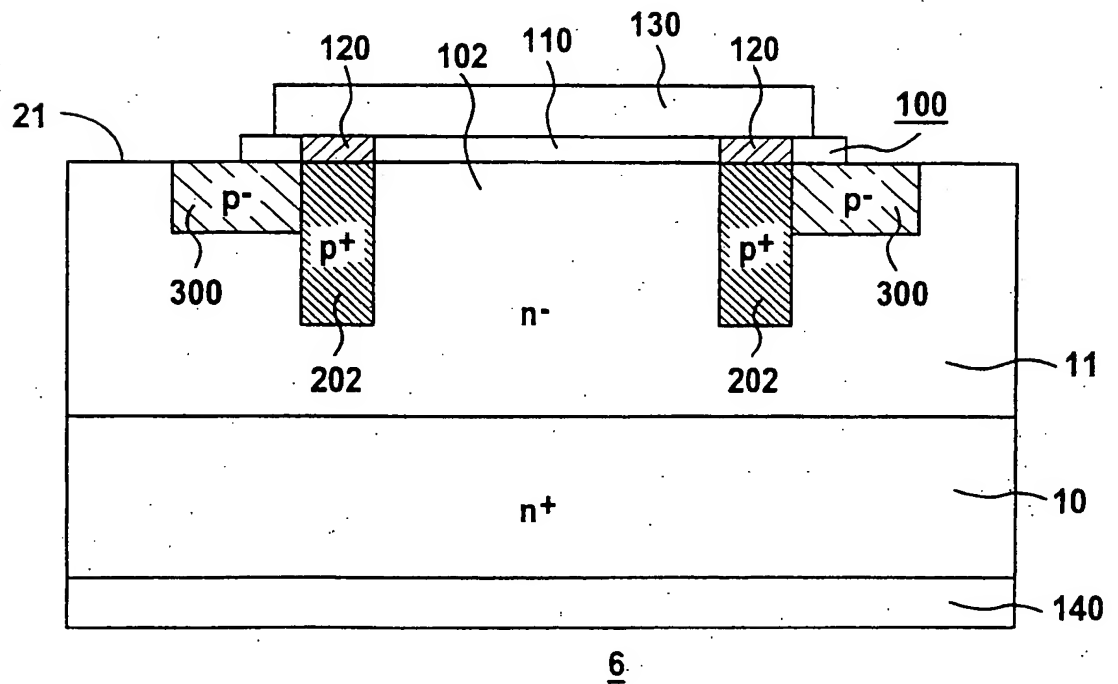


FIG 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 00/03147

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01L29/872 H01L29/47 H01L29/45 H01L29/24 H01L21/329

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

INSPEC, EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 23 176 C (DAIMLER BENZ AG) 27 August 1998 (1998-08-27) column 3, line 52 -column 8, line 3; figure 3	1-3,6, 8-10,13
A	US 5 895 260 A (BHATNAGAR M ET AL) 20 April 1999 (1999-04-20) cited in the application column 3, line 28 -column 4, line 48; figures 3-5	1,2,6,8, 9,13

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 December 2000

Date of mailing of the international search report

02/01/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Morvan, D



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern al Application No  
PCT/DE 00/03147

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>CHILUKURI R K ET AL: "High voltage Ni/4H-SiC Schottky rectifiers"</p> <p>PROCEEDINGS OF THE 11TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER SEMICONDUCTOR DEVICES AND ICS (ISPSD'99), TORONTO, ONTARIO, CANADA,</p> <p>26 - 28 May 1999, pages 161-164, XP002155179</p> <p>IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA</p> <p>ISBN: 0-7803-5290-4</p> <p>Absatz II; Abbildung 1</p> <p style="text-align: center;">---</p>	1,2,6,8,9,13
A	<p>PORTER L M ET AL: "A critical review of ohmic and rectifying contacts for silicon carbide"</p> <p>MATERIALS SCIENCE &amp; ENGINEERING B (SOLID-STATE MATERIALS FOR ADVANCED TECHNOLOGY),</p> <p>vol. 34, no. 2-3, November 1995 (1995-11), pages 83-105, XP000627607</p> <p>ELSEVIER SEQUOIA, LAUSANNE, CH</p> <p>ISSN: 0921-5107</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 00/03147

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19723176 C	27-08-1998	CN 1259228 T WO 9856043 A EP 0992070 A	05-07-2000 10-12-1998 12-04-2000
US 5895260 A	20-04-1999	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. .ales-Aktenzeichen

PCT/DE 00/03147

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H01L29/872 H01L29/47 H01L29/45 H01L29/24 H01L21/329

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

INSPEC, EPO-Internal, PAJ, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 23 176 C (DAIMLER BENZ AG) 27. August 1998 (1998-08-27) Spalte 3, Zeile 52 - Spalte 8, Zeile 3; Abbildung 3	1-3, 6, 8-10, 13
A	US 5 895 260 A (BHATNAGAR M ET AL) 20. April 1999 (1999-04-20) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 28 - Spalte 4, Zeile 48; Abbildungen 3-5	1, 2, 6, 8, 9, 13

<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie	
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p>		<p>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>*G* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>	
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  12. Dezember 2000		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  02/01/2001	
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Morvan, D	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 00/03147

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>CHILUKURI R K ET AL: "High voltage Ni/4H-SiC Schottky rectifiers"</p> <p>PROCEEDINGS OF THE 11TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON POWER SEMICONDUCTOR DEVICES AND ICS (ISPSD'99), TORONTO, ONTARIO, CANADA,</p> <p>26. - 28. Mai 1999; Seiten 161-164, XP002155179</p> <p>IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA</p> <p>ISBN: 0-7803-5290-4</p> <p>Absatz II; Abbildung 1</p> <p>---</p>	1,2,6,8,9,13
A	<p>PORTER L M ET AL: "A critical review of ohmic and rectifying contacts for silicon carbide"</p> <p>MATERIALS SCIENCE &amp; ENGINEERING B (SOLID-STATE MATERIALS FOR ADVANCED TECHNOLOGY),</p> <p>Bd. 34, Nr. 2-3, November 1995 (1995-11), Seiten 83-105, XP000627607</p> <p>ELSEVIER SEQUOIA, LAUSANNE, CH</p> <p>ISSN: 0921-5107</p> <p>-----</p>	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Intern: Jes Aktenzeichen

PCT/DE 00/03147

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19723176 C	27-08-1998	CN 1259228 T	05-07-2000
		WO 9856043 A	10-12-1998
		EP 0992070 A	12-04-2000
US 5895260 A	20-04-1999	KEINE	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**